

21

世纪经济学 管理学系列教材 ▶

物流

运筹学方法求解软件与应用案例

WULIU
YUNCHOUXUEFANGFAQIUJIE
RUANJIANYUYINGYONGANLI

◎ 别文群 缪兴锋 李超锋 秦明森 编著

华南理工大学出版社

21 世纪经济学管理学系列教材

物流运筹学方法求解软件 与应用案例

别文群 缪兴锋 李超锋 秦明森 编著

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

物流运筹学方法求解软件与应用案例/别文群等编著. —广州: 华南理工大学出版社, 2007. 12

(21 世纪经济学管理学系列教材)

ISBN 978-7-5623-2787-5

I. 物… II. 别… III. 物流 - 物资管理 - 高等学校 - 教材 IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 198614 号

总 发 行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

营销部电话: 020 - 87113487 87110964 87111048 (传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn

<http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 朱彩翩 毛润政

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 960mm 1/16 印张: 13.5 字数: 295 千

版 次: 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 3 000 册

定 价: 28.00 元 (含光盘)

版权所有 盗版必究

前言

自从有了人类生活消费和农业生产以后，相关的原始物流也就出现了。社会居民的生活物流及其废弃物流形成了最基本的社会界物流。这类物流是为人类自身生存发展和为社会服务的非赢利性的社会行为，没有任何经济目的，不是经济行为。它的特点是：物是自然界存在的物和经济商品的物，而流的动力来自人类的社会活动，是非赢利性的社会行为。

自从农业社会的生产发展有了商品交换和社会分工以后，由于经济发展的需要，经济界物流发展得越来越快。但是由于受物流动力的限制，物流规模不大。工业社会初期，解决了物流需要的大量动力问题，因此，经济界物流得到很大发展。经济界物流是人类经济行为的重要组成部分，少了它，经济就不能发展，它是有创造价值和剩余价值目的的企业行为。经济界物流的特点：物是经济商品的物，流的动力来自人类的经济活动，是有赢利目的的经济行为。

物流学是研究物流过程规律性及物流管理技术方法的学科。它主要研究物流过程中如何对有限的资源，如物质资源、人力资源、资金、时间等进行计划、组织、协调和控制。

运筹学是运用系统化的方法，通过建立数学模型，协助得出最优决策的一门学科。它主要研究经济活动和军事活动中能用数量来表达的有关运用、筹划与管理等方面的问题。根据问题的要求，建立数学模型，经过分析运算，做出合理安排，以达到更经济、更有效地配置人力、物力、财力等资源。

物流学与运筹学作为科学概念都起源于20世纪40年代的第二次世界大战，从一开始，两者就互相渗透，交叉发展。然而，运筹学发展较快，已形成了比较完备的理论体系和多种专业学科，而物流科学发展比较迟缓，理论体系尚不完备，包含的专业学科也很少。

近年来，随着世界经济一体化和跨国投资全球化，现代物流管理被广泛关注。现代物流的魅力在于它的系统化理念，从系统的观点看，构成物流系统的各功能要素之间相互作用，并存在明显的效益背反关系。因此，现代物流管理追求的是物流系统的最优化。随着物流学科的发展，运筹学理论在物流领域得到广泛应用，逐渐形成物流运筹学知识体系。物流运筹学主要侧重于运用运筹学理论知识解决物流中的实际问题。

物流运筹学研究内容：

(1) 规划论。主要包括线性规划、非线性规划、整数规划、动态规划、目标规划等。研究内容与物流活动中有限资源的分配有关，具体来讲，线性规划可解决物资调运、配送和人员指派等问题；整数规划可以求解完成工作所需的人数、机器设备台数和厂、库的选址等；动态规划可用来解决诸如最优路径、资源分配、生产调度、库存控制、设备更新等问题。

(2) 存储论。主要研究物资库存策略的理论，即在一定条件下，如何确定物资最佳库存量、补货频率和订货点。供应链链系结构中的节点，如港口、货运枢纽、物流中心、配送中心、工厂、仓库等领域都或多或少地保有库存，为了实现物流总成本最小或利益最大化，基本可以运用存储理论的相关知识，辅助决策。

(3) 图论。主要研究运输问题、物流网点间的物资调运和车辆调度时运输路线的选择、配送中心的送货等。

(4) 排队论。即随机服务理论，主要研究随机服务系统排队和拥挤现象问题，讨论随机服务系统的服务效率、绩效评价和服务设施的最佳设置等问题。

(5) 对策论。主要研究方案或策略的最优选择问题。常用的数学分析

方法有博弈论、决策论、多目标决策等。

物流运筹学软件：

本书系统介绍了运筹学教学软件，包括 WinQSB, LINDO 与 LINGO 这几个软件的基本操作及其应用。在实用技术方面，我们根据多年的理论研究成果与实际应用经验，开发了“物流运筹学方法求解软件”，该软件功能全面，使用方便，可以与我国已出版的《物流运筹学方法》著作配套使用。

多媒体教材：

为配合教师进行多媒体教学，我们编写了与《物流运筹学方法》配套的《物流运筹学方法求解软件与应用案例》。具体事宜可以通过 E-mail: muse21cn@gdqy.edu.cn 与作者联系。

参与本书编写的作者有别文群、缪兴锋、李超锋、秦明森、吴小梅。在本书的编写过程中，作者参阅了若干同行专家的著作和教材，在此表示衷心感谢。由于作者水平所限，书中的不妥之处，恳望读者批评指正。

作 者

2007 年 11 月

目 录

第一章 运筹学 WinQSB 软件	(1)
第一节 WinQSB 软件集成	(1)
第二节 运筹学 WinQSB 软件应用案例	(6)
第二章 运筹学 LINDO 软件	(25)
第一节 LINDO 软件集成	(25)
第二节 运筹学 LINDO 软件功能	(27)
第三节 运筹学 LINDO 软件应用案例	(38)
第三章 运筹学 LINGO 软件	(46)
第一节 LINGO 软件集成	(46)
第二节 运筹学 LINGO 软件功能	(51)
第三节 运筹学 LINGO 软件应用案例	(65)
第四章 物流运筹学方法应用软件	(89)
第一节 物流运筹学方法应用软件简介	(89)
第二节 自编程序的简易平台	(92)
第三节 自编程序应用案例	(99)

第五章 物流线性规划与整数规划	(107)
第一节 线性规划问题表达形式	(107)
第二节 线性规划应用案例及求解	(110)
第三节 整数规划应用案例及求解	(122)
第六章 运输规划与任务指派	(132)
第一节 运输规划与任务指派软件简介	(132)
第二节 运输规划应用案例	(137)
第三节 任务指派应用案例	(146)
第七章 动态规划	(150)
第一节 动态规划软件简介	(150)
第二节 动态规划资源分配应用案例	(154)
第三节 动态规划货物配装应用案例	(157)
第四节 动态规划产品分批应用案例	(160)
第八章 对策论	(162)
第一节 零和竞争策略分析	(162)
第二节 不确定情况下的决策分析	(163)
第三节 对策论软件应用案例	(164)
第九章 排队论	(169)
第一节 服务系统最佳配置	(169)
第二节 排队模拟	(170)
第三节 排队论软件应用案例	(171)
第十章 库存模拟分析与优选法	(174)
第一节 库存方案模拟	(174)
第二节 最佳订货与安全库存量	(178)
第三节 库存优选法应用案例	(182)
附录: 习题及参考答案	(186)
参考文献	(207)

第一章

运筹学 WinQSB 软件

在第二次世界大战期间,运筹学家们在解决后勤保障、潜艇战术等一系列军事问题上做出了巨大的成就,战后运筹学受到美国一些大公司的重视,它们将运筹学应用到企业管理之中,在部分企业取得成功以后,运筹学的应用得到了迅速发展。随后,几乎在所有发达国家中都掀起了一股研究和应用运筹学和科学管理的热潮。运筹学是一门实用性很强的科学,它的方法广泛应用于各个领域。如果查阅运筹学方面的著作,就会发现运筹学应用的典型案例大都是物流作业及其管理。这也说明物流与运筹学的密切关系,物流业的发展离不了运筹学的技术支持。

《物流运筹学方法求解软件与应用案例》这门课程的内容组成方式为:运筹学方法求解软件与物流应用案例两类,本章主要对运筹学方法求解软件的使用进行简单的介绍。运筹学方法求解教学软件包括 WinQSB, LINDO 与 LINGO 这三个软件,在这三个软件中,WinQSB 软件是免费软件,其他软件均为共享软件,软件版权归各自软件开发商所有。建议升级至商业版进行使用。

第一节 WinQSB 软件集成

一、WinQSB 软件简介

QSB 是 Quantitative Systems for Business 的缩写,WinQSB 在 Windows 操作系统下运行,现已升级到 2.0 版。WinQSB 主要用于教学目的,对于非大型的问题一般都能计算,较小的问题还能演示计算过程,适合于多媒体课堂教学。

WinQSB 软件可应用于管理科学、决策科学、运筹学与生产运作管理等领域的问题求解,其主要功能模块如表 1-1 所示。

表 1-1 WinQSB 主要功能模块

序号	程 序	缩 写 文件名	名 称	应用范围
1	Acceptance Sampling Analysis	ASA	抽样分析	各种抽样分析, 抽样方案设计、假设分析
2	Aggregate Planning	AP	综合计划编制	具有多时期正常、加班、分时、转包生产量, 需求量, 存储费用, 生产费用等复杂的整体综合生产计划的编制方法。将问题归结到求解线性规划模型或运输模型
3	Decision Analysis	DA	决策分析	确定型与风险型决策, 贝叶斯决策、决策树、二人零和对策、蒙特卡罗模拟
4	Dynamic Programming	DP	动态规划	最短路径问题, 背包问题, 生产与存储问题
5	Facility Location and Layout	FLL	设备场地布局	设备场地设计、功能布局、线路均衡布局
6	Forecasting and Line- ar Regression	FLR	预测与线性回归	简单平均、移动平均、加权移动平均, 线性趋势移动平均、指数平滑、多元线性回归、Hot-Winters 季节迭加与乘积算法
7	Goal Programming and Integer Goal Program- ming	GP-IGP	目标规划与整 数目标规划	多目标线性规划、线性目标规划, 变量可以取整、连续、0—1 或无限制
8	Inventory Theory and Systems	ITS	库存论与库存 控制系统	经济订货批量、批量折扣、单时期随机模型、多时期动态存储模型、存储控制系统(各种存储策略)
9	Job Scheduling	JS	作业调度、编 制工作进度表	机器加工排序、流水线车间加工排序
10	Linear Programming and Integer Linear Programming	LP-ILP	线性规划与整 数线性规划	线性规划、整数规划、对偶、灵敏度分析、参数分析
11	Markov Process	MKP	马尔可夫过程	转移概率、稳态概率
12	Material Require- ments Planning	MRP	物料需求计划	物料需求计划的编制、成本核算
13	Network Modeling	NM	网络模型	运输、指派、最大流、最短路径、最小支撑树、货郎担等问题
14	Non-linear Progra- mming	NLP	非线性规划	有(无)条件约束、目标函数或约束条件非线性、目标函数与约束条件均非线性规划的求解与分析

序号	程 序	缩 写 文件名	名 称	应用范围
15	Project Scheduling	PS	网络计划	关键路径法、计划评审技术、网络优化、工程完工时间模拟, 绘制甘特图与网络图
16	Quadratic Program- ming	QP	二次规划	求解线性约束、目标函数是二次型的一种非线性规划问题, 变量可以取整数
17	Queuing Analysis	QA	排队分析	各种排队模型的求解与性能分析、15 种分布模型求解、灵敏度分析、服务能力分析、成本分析
18	Queuing System Sim- ulation	QSS	排队系统模拟	未知到达和服务时间分布、一般排队系统模拟计算
19	Quality Control Charts	QCC	质量管理控制图	建立各种质量控制图和质量分析

二、WinQSB 软件操作简介

1. 安装与启动

由于 WinQSB 属于绿色软件, 因此原则上在安装后可以将其程序文件夹复制到其他地方进行使用。用户可以根据不同的问题选择子程序, 操作简单方便。

安装 WinQSB 软件后, 在系统程序中自动生成 WinQSB 应用程序, 用户根据不同的问题选择子程序, 操作简单方便, 与一般 Windows 的应用程序操作相同。进入某个子程序后, 第一项工作就是建立新问题或打开已有的数据文件。每个子程序系统都提供了典型的例题数据文件, 用户可先打开已有数据文件, 观察数据软件格式, 系统能够解决哪些问题, 结果的输出格式等内容。WinQSB 自带的数据文件在“WinQSB”文件夹下。

例如, 打开线性规划文件 LP.LPP, 系统显示如图 1-1 ~ 图 1-4 所示的界面。

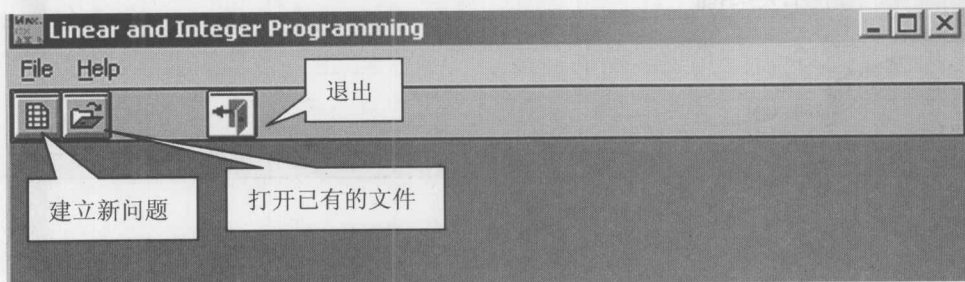


图 1-1 线性规划和整数规划的工作界面

LP-ILP Problem Specification

Problem Title:

Number of Variables: Number of Constraints:

Objective Criterion

☒ Maximization
☐ Minimization

Data Entry Format

☒ Spreadsheet Matrix Form
☐ Normal Model Form

Default Variable Type

☒ Nonnegative continuous
☐ Nonnegative integer
☐ Binary (0,1)
☐ Unsigned/unrestricted

OK Cancel Help

图 1-2 线性规划和整数规划建立新问题界面

Linear and Integer Programming

File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help

0.00

LP Sample Problem

	OBJ/Constraint/VariableType/Bound
Maximize	$50X_1 + 60X_2$
C1	$2X_1 + 3X_2 \leq 180$
C2	$3X_1 + 2X_2 \leq 150$
Integer:	
Binary:	
Unrestricted:	
X1	$\geq 0, \leq M$
X2	$\geq 0, \leq M$

图 1-3 标准模型输入格式界面

Variable -->	X1	X2	X3	X4	Direction	R. H. S.
Maximize						
C1					<=	
C2					<=	
C3					<=	
C4					<=	
C5					<=	
C6					<=	
LowerBound	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

图 1-4 电子表格数据输入格式界面

2. 数据交换

WinQSB 可以与 Office 文档直接进行数据交换。

(1) 从 Excel 或 Word 文档中复制数据到 WinQSB。电子表格中的数据可以复制到 WinQSB 中，方法是先选中要复制电子表格中单元格的数据，点击复制或按“Ctrl + C”键，然后在 WinQSB 的电子表格编辑状态下选中要粘贴的单元格，点击“粘贴”或按“Ctrl + V”键完成复制。

注意：粘贴过程与在电子表格中粘贴有区别，在 WinQSB 中选中的单元格应与在电子表格中选中的单元格（行列数）相同，否则只能复制部分数据。例如，在电子表格中复制 3 行 10 列，见表 1-2。在 WinQSB 中选中 3 行 10 列粘贴，则只能复制 3 行 10 列的数据，见表 1-3。

表 1-2 输入数据表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1.5	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
3	1	1	0	2	1	0	4	3	2	1	0
4	0.7	0	1	0	2	3	0	1	2	4	5
5		0	0.3	0.5	0.1	0.4	0	0.3	0.6	0.2	0.5

表 1-3 输入数据表

qqq												
C1 : X1			2									
Variable -->	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Direction	R. H. S.
Minimize												
C1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	>=	
C2	1	0	2	1	0	4	3	2	1	0	>=	
C3	0	1	0	2	3	0	1	2	4	5	>=	
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
VariableType	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary		

(2) 将 WinQSB 的数据复制到 Office 文档中。先清空剪贴板,选中 WinQSB 表格中要复制的单元格,点击“Edit→Copy”,然后粘贴到 Excel 或 Word 文档中。

(3) 将 WinQSB 的计算结果复制到 Office 文档中。在问题求解后,先清空剪贴板,点击“File→Copy to Clipboard”就将结果复制到剪贴板中。

(4) 保存计算结果。在问题求解后,点击“File→Save As”,系统以文本格式 (*.txt)保存结果,用户可以编辑文本文件,然后复制到 Office 文档中。

关于 WinQSB 各个子程序的更详细的功能与相应的操作请参阅软件自带的帮助系统。

第二节 运筹学 WinQSB 软件应用案例

一、线性规划问题

1. 实验目的

安装 WinQSB 软件,了解 WinQSB 软件在 Windows 环境下的文件管理操作,熟悉软件界面内容,掌握操作命令。用 WinQSB 软件求解线性规划。

2. 内容和要求

安装与启动软件,建立新问题,输入模型,求解模型,结果的简单分析。

3. 操作步骤

(1) 将 WinQSB 文件复制到本地硬盘,在 WinQSB 文件夹中双击 setup.exe。

(2) 指定安装 WinQSB 软件的目标目录(默认为 C:\WinQSB)。

(3) 安装过程需输入用户名和单位名称(任意输入),安装完毕,WinQSB 菜单自动生成在系统程序中。

(4) 熟悉 WinQSB 软件子菜单内容及其功能,掌握操作命令。

(5) 求解线性规划。启动菜单“开始”→“程序”→“WinQSB”→“Linear and Integer Programming”。

(6) 观赏例题。点击“File”→“Load Problem”→“LP.LPP”,点击菜单栏“Solve and Analyze”或点击工具栏中的图标用单纯形法求解,观赏软件用单纯形法求解迭代步骤。用图解法求解,显示可行域,点击菜单栏“Option→Change XY Ranges and Colors”,改变 X_1 , X_2 的取值区域(坐标轴的比例)。单击颜色区域改变背景、可行域等区域颜色,颜色类别共有 8 种,满足用户个性选择。

(7) 实例操作。结合例题介绍 WinQSB 软件求解 LP 的操作步骤及应用。

原油采购问题

【例 1】某炼油厂从两个油田采购原油,采购成本(含运费)分别为 1 000 元和 1 200 元。两个油田的原油成分见表 1-4(教材《物流运筹学方法》表 2-15)。该厂根据合同计划,每季度需生产汽油 20 t,煤油 15 t,重油 15 t。试分析该厂采购原油的最

优方案。

表 1-4 原油成分

成分 \ 油田	油田		成分 \ 油田	油田	
	第一油田	第二油田		第一油田	第二油田
含汽油比例	15%	40%	含重油比例	50%	25%
含煤油比例	20%	30%	含其他成分	15%	5%

解：设在两个油田采购的数量用 X_1 和 X_2 表示。则线性规划问题可表示为：

$$\begin{aligned} \min f(X) &= 1000X_1 + 1200X_2, \\ \text{s. t. } &\begin{cases} 0.15X_1 + 0.4X_2 \geq 20 \\ 0.2X_1 + 0.3X_2 \geq 15 \\ 0.5X_1 + 0.25X_2 \geq 15 \\ X_1 \geq 0, X_2 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

求解说明：WinQSB 软件求解 LP 不必化为标准型，如果是可以线性化的模型，则先线性化，如绝对值约束等情形必须先线性化。对于有界变量及无约束变量可以不转化，只要修改系统变量类型即可，对于不等式约束可以在输入数据时直接输入不等式，如“ $\geq$ ”符号，输入“ $>$ ”，“ $=>$ ”及“ $\geq$ ”任何一种都是等价的。本例中，变量数为 2，约束数为 4。

(1) 启动线性规划 (LP) 和整数规划 (ILP) 程序。点击“开始”→“程序”→“WinQSB”→“Linear and Integer Programming”，屏幕显示如图 1-5 所示的线性规划和整数规划工作界面。

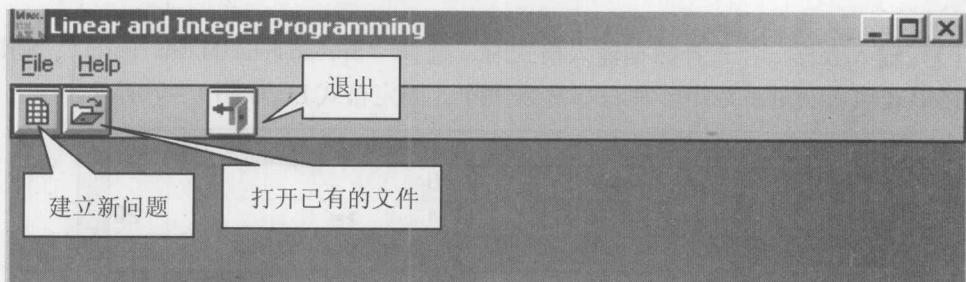


图 1-5 线性规划和整数规划的工作界面

注意：菜单栏、工具栏和格式栏随主窗口内容变化而变化。

(2) 建立新问题或打开磁盘中已有的文件。按图 1-5 所示操作建立或打开一个 LP 问题，或点击“File”→“New Problem”建立新问题。点击“File”→“Load Problem”

打开磁盘中的数据文件，LP 程序自带后缀为“.LPP”的3个典型例题，供学习参考。求解一个线性规划问题之前可以先打开例题，了解一下求解 LP 的工作界面布局。点击“File”→“New Problem”，出现图 1-6 所示的问题选项输入界面。

The dialog box is titled "LP-ILP Problem Specification". It contains the following fields and options:

- Problem Title:** A text box containing "实验例--1". Callout 1 points to this field.
- Number of Variables:** A text box containing "2". Callout 2 points to this field.
- Number of Constraints:** A text box containing "4". Callout 3 points to this field.
- Objective Criterion:** Two radio buttons: "Maximization" and "Minimization". Callout 4 points to "Minimization".
- Data Entry Format:** Two radio buttons: "Spreadsheet Matrix Form" and "Normal Model Form". Callout 5 points to "Spreadsheet Matrix Form".
- Default Variable Type:** Four radio buttons: "Nonnegative" (selected), "Nonnegative integer", "Binary (0,1)", and "Unsigned/unrestricted". Callout 6 points to "Nonnegative".

At the bottom are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

图 1-6 建立新问题

(3) 输入数据。在选择数据输入格式时，选择“Spreadsheet Matrix Form”，则以电子表格形式输入变量系数矩阵和右端常数矩阵（固定格式），如图 1-7 所示。

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize	1000	1200		
C1	0.15	0.4	>=	20
C2	0.2	0.3	>=	15
C3	0.5	0.25	>=	15
C4	1	1	>=	0
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

图 1-7 电子表格数据输入格式

选择“Normal Model Form”则以自由格式输入标准模型，如图 1-8 所示。

OBJ/Constraint/Bound	
Maximize	Max= -1000X1 - 1200X2
C1	0.15X1 + 0.4X2 - Y1=20
C2	0.2X1 + 0.3X2 - Y2=15
C3	0.5X1 + 0.25X2 - Y3=15
C4	
Integer:	
Binary:	
Unrestricted:	
X1	>=0, <=M
X2	>=0, <=M

图 1-8 标准模型输入格式

(4) 修改变量类型。图 1-5 中给出了非负连续、非负整数、0—1 型和无符号限制或无约束 4 种变量类型选项，当选择了某一种类型后系统默认所有变量都属该种类型，如图 1-9 所示。

Variable ->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Maximize	1000	1200		
C1	0.15	0.4	>=	20
C2	0.2	0.3	>=	15
C3	0.5	0.25	>=	15
C4	1	1	>=	0
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Integer	Continuous		

图 1-9 修改变量类型、上下界和约束符号

(5) 修改变量名和约束名。系统默认变量名为 $X_1, X_2, \dots, X_n$ ，约束名为 $C_1, C_2, \dots, C_m$ 。如果对默认名不满意可以进行修改，点击菜单栏“Edit”后，下拉菜单有四个修改选项：修改标题名（Problem Name）、变量名（Variable Name）、约束名（Con-